

## STATISTICAL ANALYSIS OF FISHING VESSEL DECK EQUIPMENT ELEMENTS FAILURES

**A. V. Ivanovskaya, N. P. Klimenko, V. V. Popov**

Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russian Federation

*The main breakdowns that may occur during the operation of the deck equipment of a fishing vessel are presented in the paper. These breakdowns can lead to devices failure, serious accidents, which, in turn, entail a decrease in the operational and economic efficiency of the ship's auxiliary power plant and the ship as a whole. Therefore, in order to improve the maintenance system of deck equipment, it is necessary to improve the methodology for predicting reliability based on structural indicators of elements at the design stage. One of the methods for solving the task is to obtain, accumulate and statistically summarize information on the operational reliability of units, parts and equipment as a whole. For risk analysis during the operation of ship equipment, at the first stage, a classification of hazards based on available data and existing developments of technical means is required. To estimate the average resource and other indicators of the durability of ship mechanisms, it is necessary to know the parameters of the random factors distribution. This will allow, under different laws of parameters distribution, to predict the resource distribution by statistical modeling. The assessment results of the failures of the deck lifting equipment of a fishing vessel are considered in the paper. It is revealed that mooring, anchor and trawl winches, for which operating time data are given, are subject to the greatest failures. The probability of no-failure operation of parts is calculated and its graphical distribution is presented. The results obtained in this work contribute to the further continuation of research in the field of ensuring the required level of performance of elements of deck mechanisms.*

*Keywords: deck equipment, reliability, strength calculation, expert assessment, residual life, equipment failures, resource allocation, probability of failure-free operation.*

**For citation:**

Ivanovskaya, Aleksandra V., Nikolay P. Klimenko, and Vladimir V. Popov. "Statistical analysis of fishing vessel deck equipment elements failures." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 14.3 (2022): 440–448. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-440-448.

**УДК 621.31**

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПАЛУБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО СУДНА

**А. В. Ивановская, Н. П. Клименко, В. В. Попов**

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,  
Керчь, Российская Федерация

*В работе приведены основные виды поломок, возникающих при работе палубного оборудования рыбопромыслового судна, которые могут привести к выходу устройств из строя и серьезным авариям, что, в свою очередь, влечет за собой снижение эксплуатационной и экономической эффективности работы судовой вспомогательной энергетической установки и судна в целом. Поэтому для совершенствования системы технического обслуживания палубного оборудования необходимо модернизации методики прогнозирования надежности по конструктивным показателям элементов на этапе проектирования. Для этого необходимо получение точной статистической информации о надежности узлов, деталей и оборудования в течение периода эксплуатации судна. Отмечается, что для анализа риска отказа за время эксплуатации судового оборудования требуется на первом этапе классификация опасностей на основе имеющихся данных и существующих наработок технических средств, а для оценки среднего ресурса и других показателей долговечности судовых механизмов необходимо знать параметры распределения случайных факторов. Это позволит при различных законах распределения параметров спрогнозировать распределение ресурса методом статистического моделирования. В работе рассмотрены результаты оценки по отказам палубного грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна. Выявлено, что отказам наиболее подвержены швартовые, якорные и траловые лебедки, для которых приведены данные наработок. Рассчитана веро-*

ятность безотказной работы деталей и приведено ее графическое распределение. Полученные в работе результаты способствуют дальнейшему продолжению проведения исследований в области обеспечения требуемого уровня работоспособности элементов палубных механизмов.

*Ключевые слова:* палубное оборудование, надежность, расчет прочности, экспертная оценка, остаточный ресурс, отказы оборудования, распределение ресурса, вероятность безотказной работы.

**Для цитирования:**

Ивановская А. В. Статистический анализ отказов элементов палубного оборудования рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, Н. П. Клименко, В. В. Попов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 3. — С. 440–448. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-440-448.

## **Введение (Introduction)**

Управление безопасностью в процессе эксплуатации судовых механизмов осуществляется за счет идентификации опасностей, характерных для различного вида оборудования, которые могут привести к поломкам, выходу из строя устройств, серьезным авариям, и, как следствие, к большим материальным затратам, снижению экономической эффективности и надежности судовых энергетических установок и судна в целом. Техническое обслуживание палубного оборудования рыбопромыслового судна по состоянию является экономически выгодным, что, однако, требует совершенствования методологических, теоретических и практических задач функционирования, диагностирования и прогнозирования технического состояния механизмов [1], [2]. Такие задачи заключаются в определении перечня показателей надежности и значения их требуемого уровня, а также в выборке и анализе полученной информации о закономерностях процесса возникновения отказов, анализе результатов экспериментальных исследований, стендовых и натурных испытаний, получении и обработке статистической информации об отказах и надежности деталей и узлов судового палубного оборудования в эксплуатации. Для анализа риска возникновения отказа в процессе эксплуатации судового оборудования на первом этапе требуется классификация опасностей на основе имеющихся данных и существующих наработок технических средств. Для оценки среднего ресурса и других показателей долговечности судовых механизмов необходимо знать параметры распределения случайных факторов. Это позволит при различных законах распределения параметров спрогнозировать распределение ресурса методом статистического моделирования [3], [4].

*Целью работы* является исследование влияния эксплуатационных факторов на работоспособное состояние элементов палубного оборудования рыбопромыслового судна.

## **Методы и материалы (Methods and Materials)**

Проектирование является важным этапом в процессе создания оборудования в машиностроении, и в частности, в судостроении. На данном этапе решаются вопросы по обеспечению требуемого уровня надежности механизмов. Для этого выполняют оценку надежности машин прототипов, прогнозирование надежности создаваемых механизмов, составляют номенклатуру, выполняют расчет оптимального количества запасных частей и при необходимости разрабатывают новую методику или совершенствуют существующую для проведения испытаний опытных образцов на надежность. Так, при формировании технического задания необходимо указать условия эксплуатации (климатические, гидрометеорологические и другие), режимы работы механизма, периодичность и продолжительность каждого цикла работы механизма в целом и его элементов, количество циклов или продолжительность работы за некоторый период эксплуатации (год, период навигации, рейс и др.), а также возможность кратковременного или длительного применения механизма для других целей с определением условий работы. В результате формируются требуемые количественные характеристики надежности оборудования, которые должны быть обеспечены затем при эксплуатации.

На стадии технического предложения осуществляется сравнительный анализ показателей надежности механизмов-аналогов с целью выбора оптимальных направлений обеспечения надежности, а также возможных вариантов конструктивного решения и дается обоснование оптимального предполагаемого варианта по критериям надежности, технического обслуживания, устойчивости

к внешним воздействующим факторам. На данном этапе формируются требования к надежности составных частей механизма в целом и составляющих его элементов, а также осуществляется предварительная комплектация оборудования. Результатом должны явиться качественная оценка и анализ надежности выбранного варианта конструкции механизма.

При эскизном проектировании осуществляется теоретическое исследование и дается предварительная оценка надежности различных вариантов конструктивного решения механизма с анализом и обоснованием предлагаемого варианта, выполняется исследование вопросов защиты от различных видов перегрузок и влияния гидрометеорологических факторов безопасной эксплуатации. В эскизный проект входит также выбор комплектующего оборудования и его перечень оборудования по критериям надежности и устойчивости к внешнему воздействию. В завершении данного этапа разрабатывается программа обеспечения надежности на этапе проектирования, эксплуатации и ремонта.

Техническое проектирование включает уточнение норм различного рода нагрузок (механических, электрических, гидравлических, климатических, гидрометеорологических и др.), перечень комплектующего оборудования и его характеристики надежности. На основе окончательно выбранного конструктивного решения выполняются расчет надежности механизма, его качественная оценка и анализ, расчет номенклатуры и количества запасных частей, построение системы контроля работоспособности механизма, разработка системы и средств технического обслуживания, а также методов и средств технической диагностики. Результатом технического проекта является уточненная программа обеспечения надежности.

В рабочий проект входит решение следующих вопросов: уточнение и корректировка расчетов прочности, уточнение расчетов надежности запасных частей, составление разделов технической документации для обеспечения требуемого уровня надежности в эксплуатации, разработка специальных программ испытаний на надежность составных частей и механизма в целом, заключительная оценка уровня надежности механизма в целом и его составляющих, уточнение программы обеспечения надежности на стадии производства, эксплуатации и ремонта оборудования. В результате проектирования судового грузоподъемного оборудования по критерию надежности должны быть заданы следующие значения параметров: наработка на отказ, средний ресурс до капитального ремонта, гамма-процентный ресурс; вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, среднее время восстановления, средняя суммарная трудоемкость технического обслуживания за год и др. [5]–[9].

При проектировании судовых технических средств, в частности палубного оборудования судна, анализу безотказности и долговечности элементов следует уделять особое внимание. Это связано с высоким мировым уровнем надежности судовой техники, а значит и с необходимостью изготовления конкурентоспособного оборудования, а также специфическими условиями эксплуатации судовой техники, где аварийные остановки приводят к большим экономическим затратам и потерям. Необходимо учесть, что рост показателей надежности также не может быть бесконечным, так как это не всегда позволяют существующие технологии изготовления. Кроме того, рост стоимости высокопрочного оборудования может отрицательно отразиться на потребительском спросе. В этой ситуации необходимо соблюдать оптимальный критерий между ростом стоимости качественного изделия и покупательной возможностью потребителя. Исходя из этого в настоящее время особое внимание уделяется качественному анализу надежности элементов конструкции [10]. Выявление «слабых» элементов в конструкции, возможность повышения их безотказности и долговечности при минимальных капиталовложениях или поиск путей снижения затрат на ремонт и техническое обслуживание являются наиболее оптимальными решениями данного вопроса.

Основными причинами потери работоспособности элементов палубного оборудования являются следующие: усталостное разрушение, износ, поломка зубьев вследствие износа и уменьшения расчетного сечения, пластическая деформация, смятие, срез. Наиболее подвержены выходу из строя валы и оси, зубчатые колеса и шестерни, подшипники скольжения и качения, болтовые, шпоночные и шлицевые соединения, ленточные тормоза, соединительные муфты, уплотнения и манжеты. Также необходимо учитывать влияние человеческого фактора на надежность оборудования, а имен-

но профессиональный уровень обслуживающего персонала. На рис. 1 показана цепочка: *детали сборочных единиц привода — характерные виды нагружения и деформации — причины потери работоспособности — виды расчета прочности.*

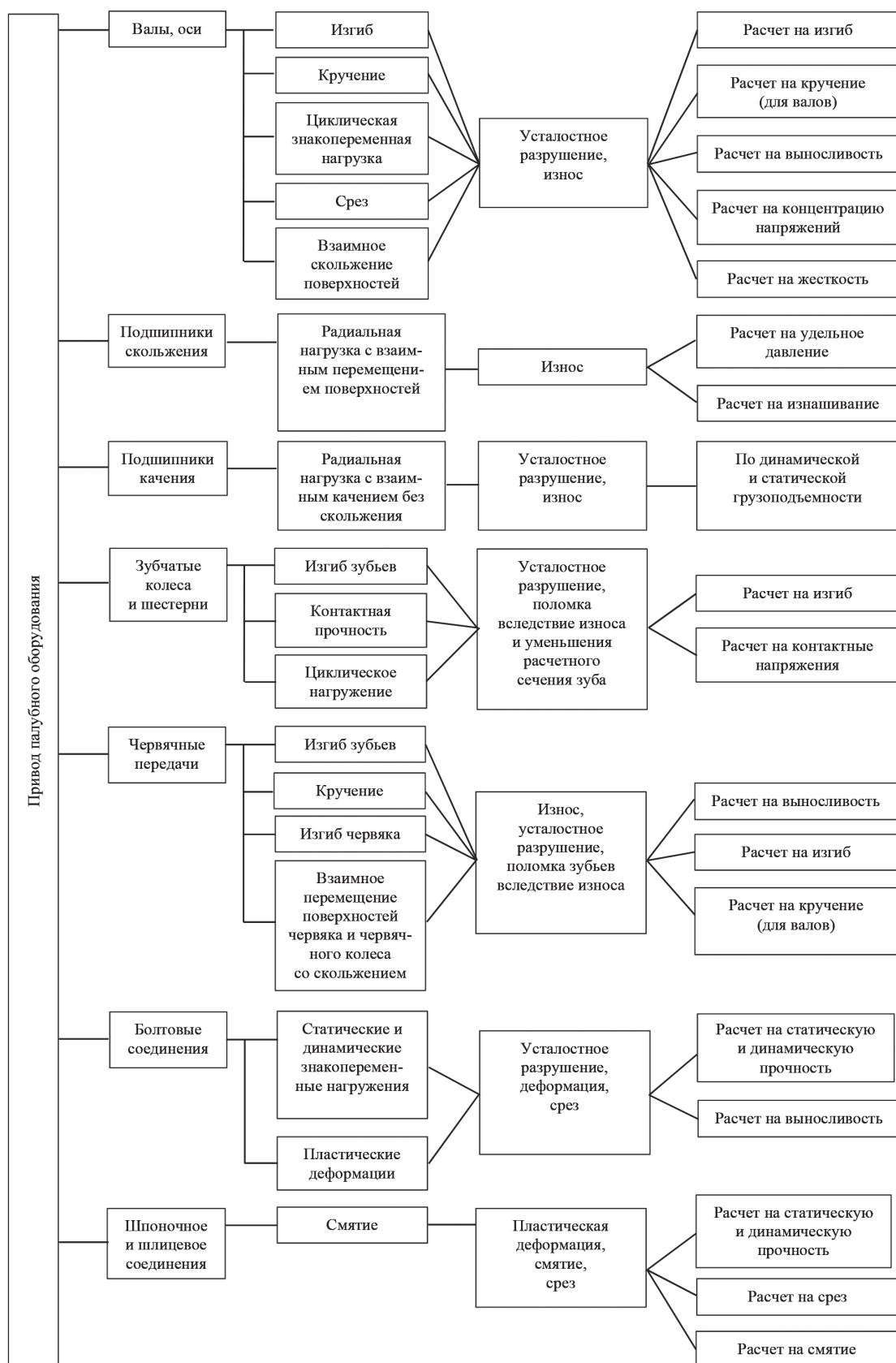


Рис. 1. Перечень необходимых расчетов на прочность элементов привода палубного оборудования для каждого вида нагружения

При создании нового оборудования наиболее распространенным способом получения информации о качестве изделия и его возможностях в целом является анализ эксплуатации однотипных палубных устройств. Для этого выполняют анализ наиболее частых отказов в эксплуатации, изучают вопросы безопасной эксплуатации и требования к обслуживающему персоналу, их квалификации, а также выполняют анализ возможных аварийных ситуаций.

### Результаты (Results)

При работе грузоподъемного оборудования в условиях нестационарности нагружения происходит сверхнормативный износ механизмов, уменьшающий срок их эксплуатации. В этих случаях для оценки состояния оборудования возникает необходимость расчета его остаточного ресурса. Данный показатель надежности следует рассчитывать, согласно требованиям Российского морского регистра судоходства, при проведении очередных и внеочередных освидетельствований, а также для продления нормативного срока эксплуатации технических устройств и в случае аварии для осуществления экспертизы дальнейшей безопасной эксплуатации. Для эффективной эксплуатации грузоподъемных устройств необходимы данные диагностики о состоянии объектов, их наработке, а также осуществление оперативного контроля в процессе эксплуатации, оценка действующей нагрузки, возможность избежания аварийных перегрузок, а также данные о гидрометеорологических условиях.

Расчет остаточного ресурса можно выполнять методами экспертных оценок, математического моделирования или используя синтез этих методов. Экспертная оценка осуществляется за счет анализа отказов и причины их появлений на основании технической документации, оперативной диагностики текущего состояния, уровня повреждений и фактической нагруженности. Полученные данные дают возможность прогнозировать развитие изменения определяющих параметров технического состояния оборудования, их критериев и предельных состояний, а также позволяют обосновать варианты решений о возможности дальнейшей эксплуатации.

Ввиду того, что ранее отсутствовала возможность проведения экспериментального исследования отказов палубного грузоподъемного оборудования, в предлагаемой работе использован метод экспертных оценок. В качестве экспертов были приглашены механики-эксплуатационники и механики-технологи судоремонтных предприятий. Согласно полученным данным было установлено, что на первом месте по отказам находятся швартовные (21 %) и якорные (21 %) лебедки, на втором — траловые (19 %) лебедки. Далее в порядке убывания находятся шпили (13 %), брашпили (13 %), краны (10 %) и стрелы (3 %). Исследование эксплуатационных данных позволяет сделать вывод, что основными причинами отказов грузоподъемного оборудования являются поломки, износ и обрывы составных частей механизмов. Также проявляются отказы, обусловленные коррозией, заклиниванием, заеданием и трещинами. Причинами отказов палубного оборудования могут являться также условия конструкторского и технологического характера, включая качество монтажных работ и ремонтных работ.

В ходе опроса экспертов были выявлены следующие характерные признаки отказов швартовных, якорных, траловых лебедок: износ шкивов, износ втулок и валов, завышенный нагрев подшипников, вызванный их дефектами и нехваткой смазки, а также вибрация электродвигателей из-за неисправностей соединительных муфт и неправильной центровки, повреждение зубьев шестерен. Износу в большей степени подвержены тормозные ленты, сальники, сухари, переключатели скорости, уплотнения, тормозные накладные ленты, манжеты (рис. 2). Связанные с поломками отказы составляют 45 % всех отказов лебедок.

Для оценки среднего ресурса и других показателей долговечности  $X_i$  судовых механизмов необходимо знать параметры распределения случайных факторов  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Это позволит при различных законах распределения параметров спрогнозировать распределение ресурса методом статистического моделирования (Монте-Карло). Если влияние параметров нагружения в эксплуатации на ресурс судовых механизмов количественно оценивается с помощью функции случайных факторов  $\varphi_r = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ , то в этом случае граница сопротивляемости имеет вид  $C_r = \varphi_r(x_1, x_2, \dots, x_k)C_0$ ,



где  $C_0$  — случайная составляющая границы. В связи с этим модель долговечности объекта будет описываться следующим выражением [11]:

$$t_n = \varphi_T(x_1, x_2, \dots, x_k) \frac{C_0}{Q^m},$$

где  $Q$  — нагрузка;  $m$  — показатель степени.

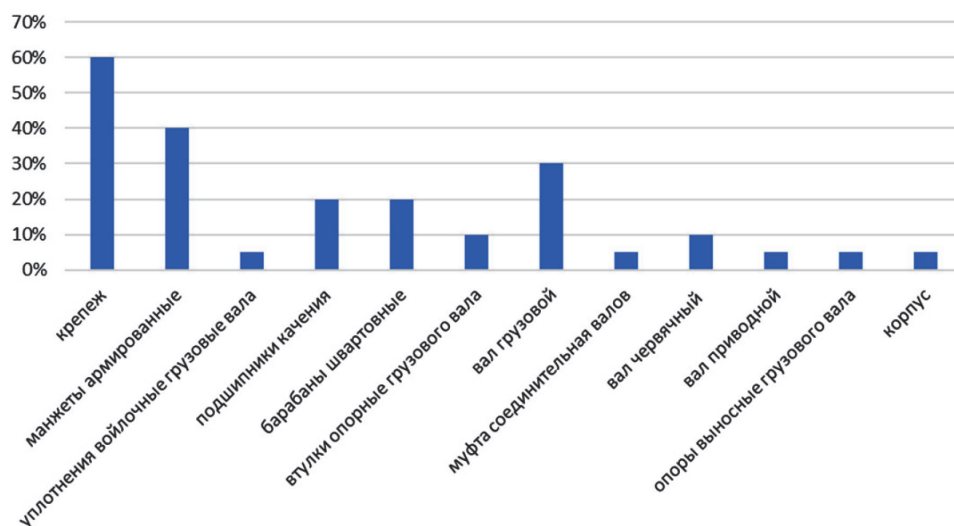


Рис. 2. Диаграмма характерных признаков отказов швартовных, якорных и траловых лебедок

Для оценки среднего ресурса и других показателей долговечности судовых механизмов были исследованы объекты, приведенные в следующей таблице.

#### Статистические данные наработок палубных механизмов

№ п/п.	Наименование механизма	Количество обследованных механизмов	Период эксплуатации механизмов, лет	Среднегодовая наработка механизмов, ч	Количество отказов механизмов	Средняя наработка на отказ $T_0$ , тыс. ч
1	Якорные лебедки	29	7	60	0,66	1,52
2	Траловые лебедки	28	5	80	0,80	1,25
3	Брашпили	43	9	60	0,34	2,04
4	Швартовные лебедки	47	5	60	1,56	0,64
5	Грузовые лебедки	51	11	50	0,43	2,33
6	Шлюпочные лебедки	67	14	20	0,32	3,13
7	Краны	36	10	40	0,49	2,04

Аналитическое определение параметров  $a_i$  и  $b_i$  распределения по закону Вейбулла – Гниденко величин  $X_i$ , можно выполнять по следующим зависимостям [12]:

$$b_i = \frac{1,126}{v_i} + \frac{0,011}{v_i^2} - 0,137; \quad (1)$$

$$a_i = \frac{\bar{X}_i}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b_i}\right)}.$$

Коэффициенты вариации можно оценить при наличии средних значений указанных параметров  $\bar{X}_i$  и средних квадратических отклонений  $\sigma_i$ :

$$v_i = \frac{\sigma_i}{\bar{X}_i}.$$

Коэффициенты вариации ресурса элементов определяются по формуле

$$v_j = \sqrt{(v_{1j}^2 + 1)(v_{2j}^2 + 1)(v_{3j}^2 + 1) - 1}.$$

Параметры распределения Вейбулла  $b_j$  и  $a_j$  для ресурса  $j$ -го элемента находим по известным формулам:

$$b_j = \frac{1,126}{v_j} + \frac{0,011}{v_j^2} - 0,137;$$

$$a_j = \frac{T_j}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b_j}\right)},$$

где  $T_j$  — средний ресурс  $j$ -й детали.

Вероятность безотказной работы  $j$ -й детали для заданного значения ресурса  $T_0$  определяется из выражения

$$R_j(T_0) = \exp\left(-\left(\frac{T_0}{a_j}\right)^{b_j}\right). \quad (2)$$

### Обсуждение (Discussion)

Распределение вероятностей безотказной работы деталей наиболее наглядно можно представить в виде рис. 3.

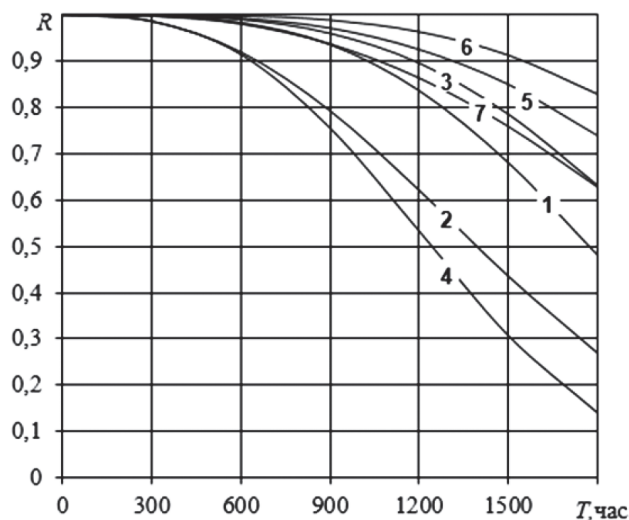


Рис. 3. Распределение вероятностей безотказной работы механизмов к средней наработке:  
1–7 — порядковый номер механизмов, приведенных в таблице

Анализ полученных значений позволяет утверждать, что в целом долговечность палубных механизмов удовлетворяет предъявляемым требованиям к надежности судовых технических средств. Механизмами, наиболее подверженными воздействию внешних нагрузок, являются швартовные 4 и траловые 2 лебедки (рис. 3). Однако в целом к медианному значению вероятности безотказной работы ресурс всех палубных механизмов приемлемый и соответствует нормативным данным. Однако следует учесть, что существующие отказы лимитирующих ресурс элементов исследуемых механизмов могут приводить или к существенному нарушению работоспособности па-

лубных механизмов, или к аварийным отказам. Дальнейшим направлением работы следует считать оценку и определение степени влияния основных конструктивных и технологических параметров на ресурс элементов палубных механизмов, выявление «слабых» элементов, а также анализ причин отказов и поиск решений по повышению их долговечности.

### Заключение (Summary)

Основным ресурсопределяющим параметром палубных механизмов является передаваемая нагрузка и продолжительность работы механизма в год. Снизить отрицательное влияние нагружения на ресурс палубных механизмов можно за счет применения прогрессивных материалов, изменения вида и формы конструкции, а также технологии изготовления и упрочнения поверхностей составляющих механизм элементов. Для этого исследования необходимо разработать регрессионную модель долговечности элементов палубных механизмов, которая позволит проектировать долговечность механизмов как в эксплуатации, так и на стадии проектирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Те А. М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств / А. М. Те. — Л., 2014. — 86 с.
2. Башуров Б. П. Функциональная надежность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие / Б. П. Башуров, А. Н. Скиба, В. С. Чебанов. — Новороссийск: МГА имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, 2009. — 192 с.
3. Антипов В. В. Математическое обеспечение и аппаратная реализация задач управления комплексом «рыбопромысловое судно—орудия лова» / В. В. Антипов, В. Ю. Бобрович, В. К. Болховитинов, А. А. Болисов // Морской вестник. — 2011. — № 4 (40). — С. 45–49.
4. Нино В. П. Диагностика технических средств на рыбопромысловых судах в процессе их эксплуатации / В. П. Нино // Рыбное хозяйство. — 2014. — № 4. — С. 113–115.
5. Kim Y. H. The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner / Y. H. Kim, M. C. Park // Ocean engineering. — 2009. — Vol. 36. — Is. 14. — Pp. 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
6. Bi C. W. Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net / C. W. Bi, Y. P. Zhao, G. H. Dong, T. J. Xu, F. K. Gui // Aquacultural engineering. — 2013. — Vol. 57. — Pp. 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
7. Carral J. Fishing grounds' influence on trawler winch design / J. Carral, L. Carral, M. Lamas, M. J. Rodríguez // Ocean Engineering. — 2015. — Vol. 102. — Pp. 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
8. Ivanovskaya A. V. Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions / A. V. Ivanovskaya, A. T. Rybak // Journal of Physics: Conference Series. — IOP Publishing, 2018. — Vol. 1015. — Is. 3. — Pp. 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032054.
9. Ivanovskaya A. Basic principles of mathematical modeling of operating modes of deck equipment for fishing vessels / A. Ivanovskaya, V. Zhukov // Transportation Research Procedia. — 2021. — Vol. 54. — Pp. 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
10. Половко А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 704 с.
11. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М.: Наука, 1988. — 480 с.
12. Головченко В. П. Возможности использования распределения Вейбулла в качестве универсальной модели аппроксимации / В. П. Головченко // Труды ГосНИИГА. — 1988. — № 279. — С. 91–98.

### REFERENCES

1. Te, A. M. *Ekspluatatsiya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov, sistem i ustroystv*. L., 2014.
2. Bashurov, B. P., A. N. Skiba, and V. S. Chebanov. *Funktsional'naya nadezhnost' i kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov: uchebnoe posobie*. Novorossiisk: MGA imeni admirala F. F. Ushakova, 2009.



3. Antipov, V. V., V. Yu. Bobrovich, V. K. Bolkhovitinov, and A. A. Bolisov. "Matematicheskoe obespechenie i apparatnaya realizatsiya zadach upravleniya kompleksom «rybopromyslovoe sudno–orudiya lova»." *Morskoi vestnik* 4(40) (2011): 45–49.
4. Nino, V. P. "Diagnostics of fishery vessels' technical facilities during exploitation." *Rybnoe khozyaistvo* 4 (2014): 113–115.
5. Kim, Yong-Hae, and Myeong-Chul Park. "The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner." *Ocean engineering* 36.14 (2009): 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
6. Bi, Chun-Wei, Yun-Peng Zhao, Guo-Hai Dong, Tiao-Jian Xu, and Fu-Kun Gui. "Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net." *Aquacultural engineering* 57 (2013): 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
7. Carral, Juan, Luis Carral, Miguel Lamas, and M Jesús Rodríguez. "Fishing grounds' influence on trawler winch design." *Ocean Engineering* 102 (2015): 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
8. Ivanovskaya, A. V., and A. T. Rybak. "Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1015. No. 3. IOP Publishing, 2018. 032054. DOI: 10.1088/1742–6596/1015/3/032054.
9. Ivanovskaya, Aleksandra, and Vladimir Zhukov. "Mathematical Modeling of Operating Modes of Deck Equipment for Fishing Vessels." *Transportation Research Procedia* 54 (2021): 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
10. Polovko, A. M., and S. V. Gurov. *Osnovy teorii nadezhnosti*. SPb.: BHV-Petersburg, 2006.
11. Ventcel', E. S., and L. A. Ovcharov. *Teoriya veroyatnostej i ee inzhenernye prilozheniya*. M.: Nauka, 1988.
12. Golovchenko, V. P. "Vozmozhnosti ispol'zovaniya raspredeleniya Vejbul'a v kachestve universal'noj modeli approksimacii." *Trudy GosNIIGA* 279 (1988): 91–98.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ивановская Александра Витальевна** — кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный  
морской технологический университет»  
298309, Российская Федерация, Керчь,  
ул. Орджоникидзе, 82  
e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

**Клименко Николай Петрович** — кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный  
морской технологический университет»  
298309, Российская Федерация, Керчь,  
ул. Орджоникидзе, 82  
e-mail: [knp-878@mail.ru](mailto:knp-878@mail.ru)

**Попов Владимир Владимирович** — старший преподаватель  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный  
морской технологический университет»  
298309, Российская Федерация, Керчь,  
ул. Орджоникидзе, 82  
e-mail: [kamushburun@gmail.com](mailto:kamushburun@gmail.com)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ivanovskaya, Aleksandra V.** — PhD, associate professor  
Kerch State Maritime  
Technological University  
82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309,  
Russian Federation  
e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

**Klimenko, Nikolay P.** — PhD, associate professor  
Kerch State Maritime  
Technological University  
82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309,  
Russian Federation  
e-mail: [knp-878@mail.ru](mailto:knp-878@mail.ru)

**Popov, Vladimir V.** — Senior Lecturer  
Kerch State Maritime  
Technological University  
82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309,  
Russian Federation  
e-mail: [kamushburun@gmail.com](mailto:kamushburun@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 2 марта 2022 г.  
Received: March 2, 2022.